Iranian Journal of Field Crops Research
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

Research Article
Vol. 22, No. 2, Summer 2024, p. 137-154

# Effect of Salicylic Acid Foliar Application on Physiological Indices and Induction of Terminal Heat Stress Tolerance of Quinoa in Ahvaz

**S. Ghalambaz[1], H. Roshanfekr[2*], A. Rahnama Ghahfarokhi[2], A. Monsefi[3]**

1- PhD. Student of Agrotechnology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
2- Associate Professor of Department of Production Engineering and Plant Genetics, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
3- Assistant Professor of Department of Production Engineering and Plant Genetics, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
(*- Corresponding Author Email: h.roshanfekr@scu.ac.ir)

| Received: 21 October 2023<br>Revised: 27 January 2024<br>Accepted: 12 February 2024<br>Available Online: 14 May 2024 | **How to cite this article:**<br>Ghalambaz, S., Roshanfekr, H., Rahnama Ghahfarokhi, A., & Monsefi, A. (2024). Effect of Salicylic Acid Foliar Application on Physiological Indices and Induction of Terminal Heat Stress Tolerance of Quinoa in Ahvaz. *Iranian Journal of Field Crops Research, 22*(2), 137-154. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jcesc.2024.84530.1275 |
|---|---|

## Introduction

Quinoa (*Chenopodium quinoa* L.) is a dicotyledonous, allotetraploid, three-carbon, annual, optional salt-loving plant and is native to South America and the Andean highlands. The growth period of the plant varies between 70 and 240 days depending on the cultivated area. The main product of this plant is the seed, which has a high nutritional value in terms of protein, amino acid balance, unsaturated fat, vitamins, and minerals. Like other plants, quinoa faces various environmental stresses during its growth period, and its growth and yield are a function of environmental factors and their mutual effects. The occurrence of high temperatures during the sensitive stages of plant growth, such as flowering and seed formation, may cause a significant decrease in quinoa yield, and high temperature has been cited as one of the most important challenges for the cultivation and expansion of quinoa in the world. Salicylic acid acts as a signal molecule and plays an important role in regulating growth and development processes in plants under environmental stress. Salicylic acid increases the content of relative humidity, accumulation of dry matter, and the amount of chlorophyll.

## Materials and Methods

The objective of this research is to assess the physiological responses of quinoa cultivars to varying planting dates and the impact of foliar application of salicylic acid in mitigating the adverse effects of end-of-season heat stress during the 2021-2022 crop year. The study was conducted at the research farm of the Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, using a split-split plot design within a randomized complete block framework, with three replications. In this experiment, three factors a) planting date including October 12, November 11, and December 11, and b) foliar application of salicylic acid in the two stages of budding and the beginning of flowering including non-application, 1.5 mM and 3 mM and c) Quinoa cultivars including Titicaca, Giza, Q12 and Redcarin were investigated.

## Results and Discussion

The effect of investigated factors such as planting date, salicylic acid, and variety on different traits had statistically significant differences. The results showed that the maximum amount of stomatal conductance and



https://doi.org/10.22067/jcesc.2024.84530.1275

the relative content of leaf water belonged to the date of October 12. The highest biological yield and seed yield were observed under conditions of application of 1.5 and 3 mM salicylic acid, respectively. Probably, salicylic acid has increased the growth and accumulation of dry matter by improving carbon fixation, synthesis of metabolites, and maintaining the water status of plant tissues. Based on the results of the comparison of the mean of the three-way interaction, the maximum amount of biological yield and seed as the most important goals of quinoa plant cultivation, respectively, in the treatment of not using salicylic acid in the Redcarin cultivar on the planting date of December 11 and the application of 3 mM salicylic acid was obtained in the variety Redcarin on the planting date of October 12. The highest rate of net assimilation and the growth rate of the product belonged to the treatments of no application of salicylic acid in the Redcarin cultivar on December 11 and no application of salicylic acid in the Giza cultivar on October 12, respectively. The treatment of not using salicylic acid in the Redcarin variety on the planting date of October 12 was also able to achieve a high harvest index.

## Conclusion

According to the obtained results, it seems that to achieve a high seed yield of quinoa, it is possible to benefit from the treatment of 3 mM salicylic acid in the Redcarin variety on the planting date of October 12.

**Keywords:** Harvest index, Greenness index, Grain yield, Stomatal conductance

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

**مقاله پژوهشی**

**جلد ۲۲، شماره ۲، تابستان ۱٤۰۳، ص ۱٥٤-۱۳۷**

# اثر محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و القای تحمل به گرمای انتهای فصل کینوا (*Chenopodium quinoa* L.) در شرایط آب و هوایی اهواز

**سیما قلمباز[1]، حبیب اله روشنفکر[2*]، افراسیاب راهنما قهفرخی[2]، علی منصفی[3]**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۳

## چکیده

این پژوهش به‌منظور ارزیابی برخی پاسخ‌های فیزیولوژیک ارقام کینوا به تاریخ کاشت و تاثیر محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک بر کاهش اثرات سوء تنش گرمای پایان فصل، در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰، به‌صورت کرت‌های دوبار خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز به اجرا درآمد. در این آزمایش سه عامل الف) تاریخ کاشت شامل ۲۰ مهر، ۲۰ آبان و ۲۰ آذر به‌عنوان فاکتور اصلی و ب) محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک در سه سطح شامل عدم کاربرد، ۱/۵ میلی‌مولار و ۳ میلی‌مولار به‌عنوان فاکتور فرعی و ج) ارقام کینوا شامل Titicaca، Giza، Q12 و Redcarin به‌عنوان فاکتور فرعی فرعی مورد بررسی قرار گرفتند. بیشترین شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول به تیمار عدم کاربرد اسید سالیسیلیک در رقم Giza در ۲۰ مهر تعلق داشت. بیشترین میزان شاخص سبزینگی نیز در تیمار تاریخ کاشت ۲۰ آذر در ۱/۵ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک در رقم Giza مشاهده شد. بر اساس نتایج، بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک و دانه به‌عنوان مهم‌ترین اهداف از کشت گیاه کینوا به‌ترتیب در تیمار عدم کاربرد اسید سالیسیلیک در رقم Redcarin در تاریخ کاشت ۲۰ آذر و کاربرد ۳ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک در رقم Redcarin در ۲۰ مهر به‌دست آمد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده به نظر می‌رسد می‌توان با استفاده از تیمار مصرف ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم Redcarin در ۲۰ مهر از اثرات مخرب تنش گرمای انتهای فصل رشد بر شاخص‌های فیزیولوژیک گیاه کینوا کاست و به عملکرد بالای دانه گیاه کینوا دست یافت.

**واژه‌های کلیدی:** شاخص برداشت، شاخص سبزینگی، عملکرد دانه، هدایت روزنه‌ای

## مقدمه

کینوا (*Chenopodium quinoa* L.) گیاهی دولپه، آلوتراپلوئید، سه کربنه، یک‌ساله، شوردوست اختیاری و بومی مناطق آمریکای جنوبی و ارتفاعات آند است (FAO, 2011). این گیاه دامنه بالایی از سازگاری به شرایط مختلف اقلیمی به‌خصوص خشکی را دارد که از انعطاف فنولوژیکی و تنوع بالای فنوتیپی و ژنتیکی آن منشاء می‌گیرد (Sezen, Yazar, Tekin, & Yildiz, 2016). دوره رشد گیاه بسته به منطقه مورد کشت بین ۷۰ تا ۲۴۰ روز متغیر است (Yang, Akhtar, Amjad, Iqbal, & Jacobsen, 2016). محصول اصلی این گیاه دانه است که ارزش غذایی بالایی از نظر پروتئین، توازن اسیدآمینه، چربی غیراشباع، ویتامین‌ها و مواد معدنی دارد (Fischer *et al.*, 2017).

کینوا نیز مانند سایر گیاهان در دوره رشد خود با تنش‌های مختلف محیطی روبه‌رو می‌شود و رشد و عملکرد آن تابعی از عوامل محیطی و اثرات متقابل آن‌ها می‌باشد (Mir Mohammadi Meybodi & Qara Yazi, 2012). در کشور ایران، به‌ویژه مناطق جنوبی آن، با توجه به موقعیت جغرافیایی، انواع تنش‌های محیطی ازجمله شوری، خشکی و گرما قابل‌مشاهده است. از سوی دیگر مساله تغییر اقلیم و گرمایش جهانی نیز با تغییر در الگوهای آب و هوایی سبب تغییرات قابل‌توجهی در تولید محصول گیاهان شده است.

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۲- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۳- استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: h.roshanfekr@scu.ac.ir)

https://doi.org/10.22067/jcesc.2024.84530.1275

تنش‌های محیطی از طریق القای اثرات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی مختلف در گیاه سبب کاهش عملکرد گیاه می‌شوند. تنش گرما با اثرگذاری بر فرآیند فتوسنتز، ترکیبات غشاء، محتوای پروتئین‌ها و فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، عملکرد گیاه را محدود می‌کند (Kumar *et al*., 2012). از مهم‌ترین راهکارهای کاهش اثرات منفی تنش گرما بر گیاه، اجتناب از برخورد با دماهای آسیب‌زننده برای گیاه از طریق اعمال تاریخ کاشت مناسب و کاربرد برخی ترکیبات تنظیم‌کننده رشد مانند اسید سالیسیلیک هستند (Asadi Nasab, Nabipour, Roshanfekr, & Rahnama Ghahfarokhi, 2019).

وقوع دمای بالا در طول مراحل حساس رشد گیاه مانند گلدهی و تشکیل دانه ممکن است سبب کاهش قابل‌توجه عملکرد کینوا گردد و دمای بالا به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های کشت و گسترش کینوا در جهان عنوان شده است (Pulvento *et al*., 2010). اسماعیل و همکاران (Ismail *et al*., 2016) بیان کردند که بهترین دما در مرحله گرده‌افشانی کینوا حدود ۲۵ درجه می‌باشد و تاریخ کاشت، تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی و در نهایت کاهش تعداد خوشه و عملکرد دانه در خوشه کینوا دارد. همچنین بیان کردند که وزن هزار دانه کینوا و میزان ماده خشک کل آن از طریق کاهش طول دوره رشد و نمو به دلیل وقوع گرمای پایان فصل رشد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. قرینه و همکاران (Gharineh, Bakhshande, Andarzian, & Shirali, 2019) نیز گزارش کردند که تنش گرما بیشترین تأثیر را بر شاخص سطح برگ داشت و سبب کاهش ۳۰ درصدی آن شد. همچنین تأخیر در کاشت، بر تعداد دانه در خوشه، خوشه در بوته، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک، تأثیر منفی نشان داد. لذا تاریخ کاشت مناسب از عوامل مؤثر در رشد گیاه است، زیرا شرایط محیطی که مراحل مختلف فنولوژیکی گیاه با آن مواجه خواهد شد را تعیین خواهد کرد.

اسیدسالیسیلیک به‌عنوان یک مولکول سیگنال عمل نموده (Sakhabudinova, Fakhutdinova, Bezukova, & Shakirova, 2003) و نقش مهمی در تنظیم فرآیندهای رشد و نمو در گیاه تحت تنش‌های محیطی دارد (Iqbal, Khan, & Khan, 2013). اسیدسالیسیلیک باعث افزایش محتوای رطوبت نسبی، تجمع ماده خشک و افزایش میزان کلروفیل می‌شود (Singh & Usha 2003) و با افزایش تقسیم و حجم سلولی، افزایش ارتفاع را در پی دارد (Shakirova, Sakhabutdinova, Bezrukova, Fatkhutdinova, & Fatkhutdinova, 2003). برخی محققان اعلام کردند که اسیدسالیسیلیک از طریق افزایش انتقال آسیمیلات‌ها و مواد حاصل از فتوسنتز به دانه‌ها موجب افزایش وزن دانه می‌شود و این ترکیب باعث افزایش سطح برگ و وزن خشک اندام‌های هوایی و مقدار کلروفیل کل می‌گردد (Abdelaal & Mohamed, 2017). محلول‌پاشی برگی اسیدسالیسیلیک می‌تواند با بهبود ارتفاع بوته، سطح سبز برگ، وزن خشک ساقه و برگ سبب افزایش عملکرد گیاه شود (Hussain, Ali, Ibrahim, Saleem, & Bukhsh, 2012).

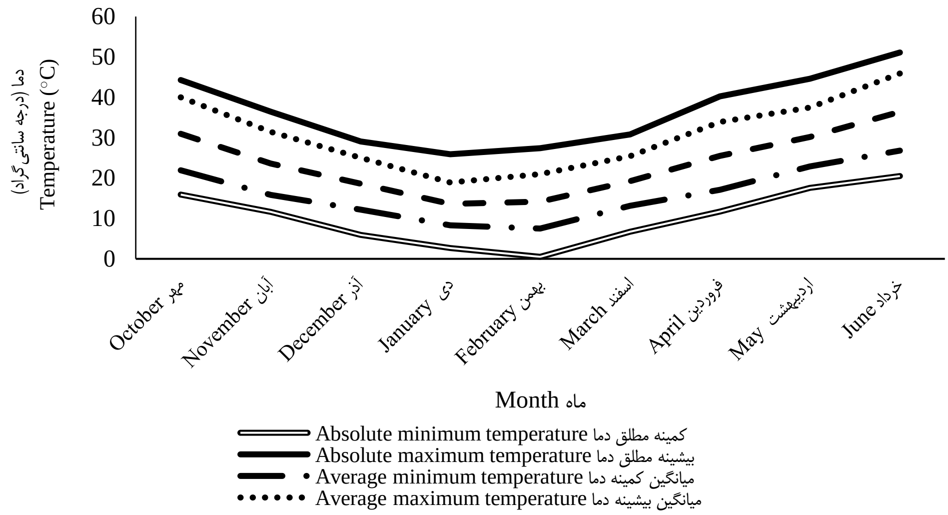
با توجه به آگاهی از اثرات مخرب دمای بالا بر گیاه و توانایی‌های منحصر به فرد گیاه کینوا از لحاظ تغذیه‌ای و سازگاری بالا به شرایط محیطی مختلف، این آزمایش با هدف کاهش اثرات منفی تنش گرما بر گیاه کینوا از طریق تغییر در تاریخ کاشت و کاربرد اسیدسالیسیلیک برای القای تحمل به تنش گرما و بررسی پاسخ‌های مورفوفیزیولوژیکی و عملکردی گیاه کینوا در شرایط آب و هوایی اهواز طراحی شد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰، به‌صورت کرت‌های دوبار خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه آزمایشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز به‌اجرا درآمد. آمار هواشناسی دوره اجرای آزمایش (مهر ۱۴۰۰ تا خرداد ۱۴۰۱) در شکل ۱ ارائه شده است. در این آزمایش سه عامل مورد بررسی قرار گرفت. عامل اول (عامل اصلی): تاریخ کاشت شامل ۲۰ مهر، ۲۰ آبان و ۲۰ آذر، عامل دوم (عامل فرعی): محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک در سه سطح شامل عدم کاربرد، ۱/۵ میلی‌مولار و ۳ میلی‌مولار و عامل سوم (عامل فرعی فرعی): ارقام کینوا شامل Titicaca، Giza، Q12 و Redcarin به‌ترتیب با طول دوره رشد زودرس ۹۰-۸۵ روز، زودرس ۹۵-۹۰ روز، متوسط‌رس ۱۲۰-۱۱۰ و دیررس ۱۳۵-۱۲۵ روز بودند. جهت سهولت در عملیات آماده‌سازی زمین و کنترل علف‌های هرز، قبل از شخم زمین آبیاری صورت گرفت. برای آزمون خاک مزرعه از عمق‌های ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌گیری انجام شد (جدول ۱).

هر واحد آزمایشی شامل دو پشته با عرض ۶۰ سانتی‌متر و طول ۳ متر و هر پشته شامل دو خط کاشت بود. بین هر تیمار فرعی و فرعی فرعی یک پشته فاصله گذاشته و بذور (شش عدد در هر حفره) روی خط داغاب و در دو طرف پشته (با تراکم ۲۲ بوته در مترمربع) کشت شدند. کودهای شیمیایی به‌کاربرده‌شده بر اساس توصیه مراکز تحقیقاتی شامل اوره (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره ۴۶٪)، سوپرفسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل حاوی ۴۶٪ اکسید فسفر) و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم حاوی ۴۰٪ پتاسیم بود. زمانی‌که ارتفاع گیاه به پنج سانتی‌متر (در مرحله چهار برگی) رسید، عمل تنک انجام شد و تعداد گیاهچه‌ها به یک عدد کاهش یافت. پنج دوره آبیاری در طول دوره رشد انجام شد و به دلیل حساس بودن کینوا در مراحل جوانه‌زنی و سبز شدن به رطوبت خاک، آبیاری اول بعد از هر کشت و آبیاری دوم ۳-۵ روز بعد از آن صورت گرفت. همچنین در طول دوره رشد گیاه، آبیاری بر اساس توصیه‌های علمی

مراکز تحقیقاتی برای گیاه کینوا صورت گرفت (Abd Allah, El-Bassiouny, Elewa, & El-Sebai, 2015) و حجم آب مصرفی از طریق محاسبه مقدار آب مصرفی (مجموع بارش در طی فصل رشد گیاه و حجم آب واردشده به‌صورت آبیاری به کمک پارشال فلوم) در نظر گرفته شد. وجین علف‌های‌هرز، زمانی‌که ارتفاع آن حدود پنج سانتی‌متر بود، به‌صورت دستی در مرحله اولیه رشد گیاه صورت پذیرفت.




**شکل ۱- آمار هواشناسی دوره اجرای آزمایش**

**Figure 1- Meterological statistics during the experiment period**

**جدول ۱- نتایج تجزیه و تحلیل خاک**

**Table 1- The results of soil analysis**

| Texture بافت | EC هدایت الکتریکی | pH اسیدیته | N نیتروژن | P فسفر | K پتاسیم |
|---|---|---|---|---|---|
| - | dS m$^{-1}$ | - | | mg kg$^{-1}$ | |
| Lome-sand | 4.3 | 7.8 | 0.039 | 13 | 159 |

محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت‌های مختلف در مراحل غنچه‌دهی و شروع گلدهی (Jahanbakhsh, Khajoei-Nejad, Moradi, & Naghizadeh, 2021) توسط افشانه دستی اعمال شد و به‌منظور تعیین این مراحل (بر اساس نتایج سایر محققین ۵۰ درصد گلدهی حدود ۳۰ روز پس از کاشت و زمانی‌که ارتفاع گیاه ۲۵ سانتی‌متر است رخ می‌دهد و در این مرحله گل‌آذین در انتهای ساقه قابل‌مشاهده می‌باشد)، بازدیدهای دوره‌ای از مزرعه صورت گرفت. در هر کرت، تاریخی که در آن ۵۰ درصد بوته‌ها وارد مرحله فنولوژیک خاص شده باشند، به‌عنوان تاریخ آن مرحله ثبت گردید. به‌منظور ارزیابی صفات وزن تر و خشک بوته و شاخص سطح برگ، پس از مشاهده ۵۰ درصد گلدهی نمونه‌برداری‌های منظم به فاصله ۲۰ روز و از سطحی معادل ۳۰۰ سانتی‌متر مربع (معادل ۵ بوته) به‌طور تصادفی انجام شد. اندازه‌گیری ماده خشک و سطح برگ با استفاده از آون ۷۵ درجه سانتی‌گراد و ترازو و دستگاه Leaf Area Meter مدل Licor انجام شد (Watson, 1947) و برآورد شاخص‌های رشدی به‌طور میانگین (در مرحله ۵۰ درصد گلدهی) ازجمله شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و سرعت اسیمیلاسیون خالص با استفاده از روابط (۱) تا (۴) صورت گرفت (Koocheki & Sarmadnia, 1999).

$$LAI = LA/GA \quad (۱)$$

$$NAR=[(W2-W1)/(LA2-LA1)]*[(\ln A2/\ln A1)/(t2-t1)] \quad (۲)$$

$$RGR = (\ln W2-\ln W1)/(t2-t1) \quad (۳)$$

$$CGR = (W2-W1)/GA\ (t2-t1) \quad (۴)$$

در این معادله‌ها LAI شاخص سطح برگ، NAR سرعت اسیمیلاسیون خالص، RGR سرعت رشد نسبی، CGR سرعت رشد محصول، LA1 سطح برگ در زمان t1؛ W1 وزن خشک در زمان t1؛ LA2 سطح برگ در زمان t2؛ W2 وزن خشک در زمان t2؛ Dw تغییرات وزن گیاه در فاصله زمانی t1 و t2 و GA سطح زمین است.

برای اندازه‌گیری شاخص سبزینگی در مرحله ۵۰ درصد گلدهی، سه الی پنج بوته از هر واحد آزمایشی انتخاب و علامت‌گذاری شد.

اندازه‌گیری با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD-502, Minolta, Japan) بر روی پنج نقطه از آخرین برگ‌های کاملاً توسعه‌یافته و ثبت میانگین مقادیر قرائت‌شده انجام شد. میزان هدایت روزنه‌ای در مرحله ۵۰ درصد گلدهی توسط دستگاه پرومتر مدل ELE ساخت کشور انگلستان در ساعات ۹-۱۲ صبح اندازه‌گیری شد. برای این منظور پس از کالیبره نمودن دستگاه، چند برگ جوان و توسعه‌یافته در قسمت میانی گیاه در هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و در محفظه دستگاه قرارگرفته، عدد دستگاه یادداشت شد (Pask, Pieteagalla, Mullan, & Reynolds, 2012). به‌منظور اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ روش Barr and Weatherley (1962) استفاده شد. به این منظور از هر تیمار یک برگ بالغ و کاملاً توسعه‌یافته در مرحله تشکیل پانیکول کینوا انتخاب کرده و پس از جداکردن از ساقه، برگ‌ها داخل فویل آلومینیومی پیچیده شد و بلافاصله درون محفظه حاوی یخ به آزمایشگاه منتقل شد. سپس برگ‌ها به قطعات دو سانتی‌متری تقسیم شده و وزن تر آن‌ها با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین گردید. به‌منظور اندازه‌گیری وزن اشباع، برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای چهار درجه سیلسیوس در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر قرار گرفته و در شدت نور کم، وزن اشباع آن‌ها اندازه‌گیری شد. در نهایت به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون نگهداری و سپس وزن خشک آن‌ها تعیین گردید. درصد رطوبت نسبی برگ (RWC) با استفاده از رابطه (۵) محاسبه شد.

$$RWC\ (\%) = (FW-DW/SW-DW) \times 100 \qquad (۵)$$

در این معادله، FW وزن تر، DW وزن خشک و SW وزن اشباع می‌باشند.

برای تعیین عملکرد نهایی دانه در هر کرت، دو خط کاشت وسط هر کرت در نظر گرفته شد و نیم متر از ابتدا و انتهای کرت به‌عنوان اثرحاشیه‌ای حذف و پس از برداشت گیاهان از سطح باقی‌مانده عملکرد بیولوژیک (وزن خشک کل) و عملکرد دانه (وزن خشک دانه) تعیین گردید. جهت تعیین شاخص برداشت، پس از اندازه‌گیری میزان عملکردهای دانه و بیولوژیک درصد شاخص برداشت از رابطه (۶) محاسبه گردید (Yang *et al.*, 2016).

(۶) ۱۰۰ × (وزن خشک کل /وزن خشک دانه) = شاخص برداشت

تجزیه‌وتحلیل‌های آماری توسط نرم‌افزار SAS نسخه 9.1 صورت گرفت. نمودارها توسط Excel رسم شد. برای مقایسات میانگین داده‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال خطای پنج درصد استفاده شد.

## نتایج و بحث

### شاخص سطح برگ

از نظر شاخص سطح برگ نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده‌ی معنی‌داری اثر تاریخ کاشت و اسیدسالیسیلیک در سطح پنج درصد و اثر رقم، اثرمتقابل تاریخ کاشت در اسیدسالیسیلیک، تاریخ کاشت در رقم، اسیدسالیسیلیک در رقم و تاریخ کاشت در اسیدسالیسیلیک در رقم در سطح یک درصد بود (جدول ۲). از لحاظ اثرمتقابل عوامل مورد بررسی تیمار عدم کاربرد اسید سالیسیلیک در رقم Giza در تاریخ کاشت ۲۰ مهر با میانگین ۸/۲۹ بیشترین میزان را نشان داد (جدول ۳). افزایش سطح برگ در گیاه با کاربرد غلظت بالای اسیدسالیسیلیک می‌تواند به دلیل افزایش فتوسنتز و افزایش ارتفاع باشد. عدم تاثیر کاربرد اسیدسالیسیلیک در تاریخ کاشت ۲۰ مهر در رقم Giza ممکن است به دلیل عدم برخورد مراحل رویشی گیاه با شرایط تنش‌زای محیطی، درنتیجه عدم القای اثر بهبوددهنده اسیدسالیسیک بر فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه مانند توسعه سطح برگ باشد. زیرا بروز تنش گرما از طریق کاهش جذب عناصرغذایی، تجمع گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر و تخریب لیپیدهای غشایی و درنتیجه کاهش سرعت رشد گیاه (Yazdanpanah, Baghizadeh, & Abbassi, 2011) بر گسترش و توسعه برگ موثر است. از سوی دیگر در شرایط تنش با کاهش رشد سلول از طریق کاهش تقسیم سلول و کاهش اندازه سلول، اندازه اندام‌ها ازجمله برگ محدود می‌شود (Salarpour Ghoraba & Farahbakhsh, 2014). باتوجه‌به نتایج تحقیقات گذشته، کاربرد اسید سالیسیلیک می‌تواند سبب افزایش سطح برگ گیاه گردد (Abdelaal & Mohamed, 2017). محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک احتمالاً از طریق بهبود تثبیت کربن، سنتز متابولیت‌ها و حفظ وضعیت آب بافت‌های گیاهی باعث افزایش رشد اندام هوایی و برگ‌ها می‌شود (Yazdanpanah *et al.*, 2011). استفاده از اسیدسالیسیلیک موجب افزایش سرعت رشد اندام‌های گیاه، فرآیند فتوسنتز و کاهش اثرات منفی تنش در برگ‌ها می‌شود (Fazelian & Asrar, 2011).

دیگر محققان هم بیان کردند محلول‌پاشی با اسید سالسیلیک سبب افزایش تعداد برگ کینوا شد که دلیل آن را اثر تحریک‌کنندگی آن بر بافت فتوسنتزکننده دانستند (Abd Allah *et al.*, 2015). هونگ- بو شائو و همکاران (Hong-Bo Shao *et al.*, 2009) گزارش دادند که کاهش آب بافت در شرایط تنش گرمایی منجر به کاهش جذب عناصر می‌شود و از این طریق رشد برگ‌ها کاهش می‌یابد. با کاهش سطح برگ از سطح تعرق‌کننده گیاه نیز کاسته می‌شود و این اولین مکانیسم گیاه برای مقابله با تنش به حساب می‌آید. کاهش سطح برگ، کاهش سطح جذب نور خورشید و به دنبال آن کاهش سطح فتوسنتزی گیاه، نهایتاً منجر به کاهش تولید ماده خشک و عملکرد گیاه می‌گردد. نتایج این آزمایش با نتایج آزمایش اسماعیل و همکاران (Ismail *et al.*, 2016) همراستا بود. شاخص سطح برگ همبستگی مثبت معنی‌داری با عملکرد دانه کینوا نشان داد (جدول ۴).

**جدول ۲- تجزیه واریانس مقایسه میانگین محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف اسیدسالیسیلیک در تاریخ‌های مختلف کاشت در برخی ارقام کینوا**

**Table 2- Analysis of variance of foliar application effect of different concentrations of salicylic acid on different planting dates in some quinoa cultivars**

| S.O.V منابع تغییرات | d.f درجه آزادی | Leaf area index شاخص سطح برگ | Spad value عدد اسپد | Stomatal conductance هدایت روزنه-ای | Relative water content محتوای نسبی آب | Relative growth rate سرعت رشد نسبی | Crop growth rate سرعت رشد محصول | Net assimilation rate سرعت اسیمیلاسیون خالص | Biological yield عملکرد بیولوژیک | Grain yield عملکرد دانه | Harvest index شاخص برداشت |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Block بلوک | 2 | 3.6$^{*}$ | 83.1$^{ns}$ | 6133$^{**}$ | 57.7$^{ns}$ | 0.0043$^{ns}$ | 0.2555$^{*}$ | 0.0824$^{ns}$ | 1397$^{ns}$ | 5306$^{ns}$ | 85.8$^{ns}$ |
| Planting date (A) تاریخ کاشت | 2 | 34.1$^{*}$ | 1743.8$^{*}$ | 1110474$^{**}$ | 710.4$^{*}$ | 0.0036$^{ns}$ | 0.6628$^{**}$ | 0.5319$^{**}$ | 6574487$^{**}$ | 272406$^{*}$ | 6149$^{**}$ |
| Error خطا | 4 | 2.1 | 183.9 | 17334 | 263 | 0.0022 | 0.0478 | 0.0713 | 98695 | 17252 | 26.4 |
| Salicylic acid (B) اسیدسالیسیلیک | 2 | 4$^{*}$ | 587.3$^{**}$ | 1640$^{ns}$ | 179.9$^{ns}$ | 0.0013$^{ns}$ | 0.1161$^{ns}$ | 0.417$^{**}$ | 437327$^{*}$ | 32240$^{*}$ | 449.4$^{**}$ |
| B ×A | 4 | 5.5$^{**}$ | 86$^{*}$ | 760$^{ns}$ | 513.3$^{ns}$ | 0.0008$^{ns}$ | 0.1731$^{ns}$ | 0.1307$^{ns}$ | 7138405$^{**}$ | 26238$^{**}$ | 73.7$^{ns}$ |
| Error خطا | 12 | 0.9 | 51.3 | 1609 | 389.7 | 0.0013 | 0.1899 | 0.1183 | 94408 | 5842 | 34.7 |
| Cultivar (C) رقم | 3 | 11.8$^{**}$ | 47.1$^{ns}$ | 21$^{ns}$ | 56$^{ns}$ | 0.0112$^{**}$ | 0.3708$^{**}$ | 0.322$^{**}$ | 2202819$^{**}$ | 164832$^{**}$ | 442.4$^{**}$ |
| C× A | 6 | 16.2$^{**}$ | 28$^{ns}$ | 655$^{ns}$ | 146$^{ns}$ | 0.0021$^{ns}$ | 0.1393$^{ns}$ | 0.146$^{*}$ | 1249312$^{**}$ | 90550$^{**}$ | 169.7$^{**}$ |
| C × B | 6 | 4.8$^{**}$ | 202$^{**}$ | 930$^{ns}$ | 88.5$^{ns}$ | 0.0021$^{ns}$ | 0.0776$^{ns}$ | 0.0634$^{ns}$ | 1343551$^{**}$ | 18878$^{*}$ | 143$^{**}$ |
| C × B × A | 12 | 8$^{**}$ | 93.5$^{**}$ | 1080$^{ns}$ | 254.8$^{ns}$ | 0.0026$^{ns}$ | 0.1601$^{*}$ | 0.2155$^{**}$ | 1577790$^{**}$ | 41404$^{**}$ | 94.8$^{*}$ |
| Error خطا | 54 | 0.8 | 32.9 | 873 | 189.5 | 0.0017 | 0.07 | 0.06 | 104586 | 6008 | 43.5 |
| C.V (%) | - | 28.4 | 13.1 | 17.7 | 18.8 | 24.1 | 27.4 | 26.5 | 25.6 | 26.4 | 24.9 |

* و ** به‌ترتیب دارای اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشد.

$^{*}$ and ** are significant at 5% and 1% probability levels, respectively, and ns is non-significant difference.

**جدول ۳- مقایسه میانگین (اثر متقابل) محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف اسیدسالیسیلیک در تاریخ‌های مختلف کاشت در برخی ارقام کینوا**

**Table 3- The mean comparison (interaction effect) of foliar application effect of different concentrations of salicylic acid on different planting dates in some quinoa cultivars**

| تیمارها (تاریخ کاشت × اسیدسالیسیلیک × رقم) Treatments (Planting date × Salicylic acid × Cultivar) | شاخص سطح برگ Leaf area index | عدد اسپد Spad value | سرعت رشد محصول Crop groswth rate | سرعت اسیمیلاسیون خالص Net assimilation rate | عملکرد بیولوژیک Biological yield | عملکرد دانه Grain yield | شاخص برداشت Harvest index |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | – | | g m$^{-2}$ day$^{-1}$ | | kg ha$^{-1}$ | | ٪ |
| October 12× o mM × Titicaca ۲۰ مهر × ۰ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × تیتیکاکا | 3.19 $^{g-j}$ | 48.83 $^{b-f}$ | 0.5 $^{b-k}$ | 0.21 $^{d-g}$ | 858.3 $^{h-n}$ | 313.37 $^{e-i}$ | 36.59 $^{d-f}$ |
| October 12× o mM × Giza ۲۰ مهر × ۰ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × گیزا | 8.29 $^{a}$ | 38.53 $^{g-k}$ | 0.82 $^{ab}$ | 0.25 $^{c-g}$ | 1219.3 $^{d-j}$ | 288.13 $^{f-j}$ | 25.31 $^{g-l}$ |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| October 12 × o mM × Q12<br>۲۰ مهر × ۰ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × کیو۱۲ | 2.34 | i-o | 50.03 | b-e | 0.72 | a-c | 0.57 | bc | 790.8 | i-o | 288.1 | f-j | 37.41 | c-f |
| October 12× o mM × Redcarina<br>۲۰ مهر × ۰ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × ردکارینا | 2.51 | h-n | 45.87 | c-h | 0.58 | b-g | 0.23 | c-g | 926 | g-n | 496.3 | bc | 53.99 | a |
| October 12 × 1.5 mM × Titicaca<br>۲۰ مهر × ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × تیتیکاکا | 4.64 | b-f | 41.97 | d-k | 0.27 | e-k | 0.07 | fg | 667.5 | k-o | 167.53 | j-o | 21.91 | i-l |
| October 12 × 1.5 mM × Giza<br>۲۰ مهر × ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × گیزا | 3.85 | e-h | 50.7 | bcd | 0.17 | h-k | 0.06 | fg | 1181.2 | d-k | 376.53 | b-g | 31.68 | d-i |
| October 12 × 1.5 mM × Q12<br>۲۰ مهر × ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × کیو۱۲ | 2.88 | g-l | 50.3 | bcd | 0.52 | b-h | 0.24 | c-g | 650.5 | l-o | 264.75 | g-l | 40.93 | b-d |
| October 12 × 1.5 mM × Redcarina<br>۲۰ مهر × ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × ردکارینا | 5.74 | bc | 48.67 | b-f | 0.55 | b-g | 0.18 | d-g | 1489.7 | c-f | 483.1 | bc | 35.17 | d-g |
| October 12 × 3 mM × Titicaca<br>۲۰ مهر × ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × تیتیکاکا | 3.99 | d-g | 46.83 | c-g | 0.8 | ab | 0.28 | c-g | 976.5 | f-m | 335 | e-i | 35.38 | d-g |
| October 12 × 3 mM × Giza<br>۲۰ مهر × ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × گیزا | 3.9 | e-h | 49.2 | b-e | 0.61 | b-f | 0.2 | d-g | 1361.1 | c-h | 498.13 | b | 37.52 | c-f |
| October 12 × 3 mM × Q12<br>۲۰ مهر × ۳ میلی مولار اسید سالیسیلیک × کیو۱۲ | 2.19 | i-q | 48.33 | c-f | 0.01 | k | 0.01 | e-g | 852.2 | h-n | 280.9 | f-k | 33.06 | d-h |
| October 12 × 3 mM × Redcarina<br>۲۰ مهر × ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × ردکارینا | 2.7 | g-m | 49.4 | b-e | 0.07 | jk | 0.03 | g | 1419.3 | c-g | 718 | a | 50.45 | ab |
| November 11 × o mM × Titicaca<br>۲۰ آبان × ۰ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × تیتیکاکا | 0.98 | o-r | 28.77 | l-n | 0.08 | jk | 0.08 | fg | 746.3 | j-o | 145.2 | l-o | 19.39 | j-m |
| November 11× o mM × Giza<br>۲۰ آبان × ۰ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × گیزا | 1.79 | j-q | 26.5 | mn | 0.15 | h-k | 0.13 | d-g | 790.4 | i-o | 216.97 | i-n | 27.46 | f-k |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| November 11 × o mM × Q12<br>۲۰ آبان × ۰ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × کیو۱۲ | 2.37 | i-o | 23.93 | n | 0.61 | b-f | 0.42 | b-f | 1067.4 | e-m | 375.5 | b-g | 36.26 | d-f |
| November 11× o mM × Redcarina<br>۲۰ آبان × ۰ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × ردکارینا | 6.28 | b | 37.13 | h-l | 0.28 | e-k | 0.11 | e-g | 1315.6 | c-i | 352.07 | d-h | 28.5 | f-j |
| November 11 × 1.5 mM × Titicaca<br>۲۰ آبان × ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × تیتیکاکا | 1.35 | m-r | 37.33 | h-l | 0.23 | g-k | 0.41 | b-d | 437.5 | no | 106.6 | no | 23.63 | h-l |
| November 11 × 1.5 mM × Giza<br>۲۰ آبان × ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × گیزا | 3.06 | g-k | 38.63 | g-k | 0.14 | i-k | 0.06 | g | 994.9 | f-m | 255.5 | g-m | 29.45 | e-j |
| November 11 × 1.5 mM × Q12<br>۲۰ آبان × ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × کیو۱۲ | 6.56 | b | 46.5 | c-h | 0.67 | a-d | 0.24 | c-g | 1540.3 | c-e | 501.93 | b | 32.99 | d-h |
| November 11 × 1.5 mM × Redcarina<br>۲۰ آبان × ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × ردکارینا | 2.8 | g-l | 39.5 | f-k | 0.3 | d-k | 0.21 | d-g | 1314.7 | c-i | 303.45 | e-i | 25.38 | g-l |
| November 11× 3 mM × Titicaca<br>۲۰ آبان × ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × تیتیکاکا | 2.14 | i-q | 37.8 | g-l | 0.03 | k | 0.02 | g | 1029.4 | e-m | 284.8 | f-j | 29.55 | e-j |
| November 11× 3 mM × Giza<br>۲۰ آبان × ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × گیزا | 2.97 | g-k | 33.47 | j-m | 0.12 | i-k | 0.04 | g | 1126.7 | d-l | 371.1 | c-h | 33.02 | d-h |
| November 11× 3 mM × Q12<br>۲۰ آبان × ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × کیو۱۲ | 5.36 | bcd | 38.87 | g-k | 0.25 | f-k | 0.09 | fg | 1096.1 | d-m | 424.9 | b-e | 40.07 | b-e |
| November 11× 3 mM × Redcarina<br>۲۰ آبان × ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × ردکارینا | 5.24 | b-e | 40.8 | e-k | 0.24 | f-k | 0.12 | e-g | 591.6 | m-o | 279.4 | f-k | 47.42 | a-c |
| December 11 × o mM × Titicaca<br>۲۰ آذر × ۰ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × تیتیکاکا | 0.82 | q-r | 44.77 | c-i | 0.43 | b-j | 0.65 | b | 301.8 | o | 47.57 | o | 16.02 | l-o |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| December 11 × o mM × Giza<br>۲۰ آذر × ۰ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × گیزا | 1.75 | k-q | 33.1 | k-n | 0.29 | e-k | 0.35 | b-g | 1603.1 | cd | 156.15 | k-o | 9.16 | m-o |
| December 11 × o mM × Q12<br>۲۰ آذر × ۰ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × کیو۱۲ | 1.93 | i-q | 42.72 | d-g | 0.06 | k | 0.04 | g | 1815.1 | c | 172.07 | j-o | 9.46 | m-o |
| December 11 × o mM × Redcarina<br>۲۰ آذر × ۰ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × ردکارینا | 0.13 | r | 49.35 | b-e | 0.25 | f-k | 0.7 | a | 3930.1 | a | 394.92 | b-f | 10.13 | m-o |
| December 11 × 1.5 mM × Titicaca<br>۲۰ آذر × ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × تیتیکاکا | 1.19 | n-r | 49.4 | b-e | 0.24 | f-k | 0.26 | c-g | 3230.6 | b | 477.5 | b-d | 15.12 | l-o |
| December 11 × 1.5 mM × Giza<br>۲۰ آذر × ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × گیزا | 1.49 | l-r | 63.35 | a | 0.23 | g-k | 0.22 | c-g | 996.9 | f-m | 58.67 | o | 5.84 | o- |
| December 11 × 1.5 mM × Q12<br>۲۰ آذر × ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × کیو۱۲ | 2.33 | i-p | 50.73 | bcd | 0.34 | d-k | 0.3 | b-g | 862 | h-n | 63.75 | o | 7.18 | n-o |
| December 11 × 1.5 mM × Redcarina<br>۲۰ آذر × ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × ردکارینا | 3.32 | f-i | 36.35 | i-k | 0.38 | c-k | 0.33 | b-g | 3036.4 | b | 325 | e-i | 10.7 | m-o |
| December 11 × 3 mM × Titicaca<br>۲۰ آذر × ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × تیتیکاکا | 0.89 | p-r | 46.43 | c-h | 0.14 | i-k | 0.28 | c-g | 1202 | d-j | 83.77 | o | 6.82 | n-o |
| December 11 × 3 mM × Giza<br>۲۰ آذر × ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × گیزا | 1.36 | m-r | 52.2 | bc | 0.15 | h-k | 0.16 | d-g | 1433.6 | c-g | 246.3 | h-m | 16.83 | k-n |
| December 11 × 3 mM × Q12<br>۲۰ آذر × ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × کیو۱۲ | 4.78 | b-e | 52.45 | bc | 0.64 | b-e | 0.46 | b-e | 1548.2 | c-e | 128.9 | m-o | 9.18 | m-o |
| December 11 × 3 mM × Redcarina<br>۲۰ آذر × ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × ردکارینا | 3.89 | e-h | 57.75 | ab | 0.37 | c-k | 0.25 | c-g | 1139.2 | d-l | 274.55 | f-k | 24.31 | h-l |

در هرستون اعداد دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند.

In each column, the numbers with the same letters have no statistically significant difference based on the LSD test at the 5% probability level.

جدول ٤- نتایج همبستگی صفات بررسی شده در شرایط محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف اسیدسالیسیلیک در تاریخ‌های مختلف کاشت در برخی ارقام کینوا

**Table 4- The correlation results of investigated traits under foliar application of different concentrations of salicylic acid on different planting dates in some quinoa cultivars**

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | عملرد بیولوژیک Biological yield | شاخص سطح برگ Leaf area index | عدد اسپد Spad value | هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance | محتوای نسبی آب Relative water content | سرعت رشد محصول Crop growth rate | سرعت اسیمیلاسیون خالص Net assimilation rate | سرعت رشد نسبی Relative growth rate | عملکرد دا دانه Grain yield | شاخص برداشت Harvest index |
| **0 mM salicylic acid ۰ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک** | | | | | | | | | | |
| **1** | 1 | | | | | | | | | |
| **2** | -0.166 | 1 | | | | | | | | |
| **3** | 0.167 | -0.097 | 1 | | | | | | | |
| **4** | -0.133 | 0.342* | 0.464** | 1 | | | | | | |
| **5** | -0.124 | 0.186 | 0.105 | 0.173 | 1 | | | | | |
| **6** | -0.100 | 0.410* | 0.006 | 0.295 | -0.017 | 1 | | | | |
| **7** | -0.028 | 0.178 | 0.108 | 0.021 | 0.143 | 0.290 | 1 | | | |
| **8** | -0.196 | 0.235 | -0.003 | 0.119 | 0.114 | 0.522** | 0.400* | 1 | | |
| **9** | 0.335* | 0.351* | 0.147 | 0.347* | 0.089 | 0.057 | 0.101 | -0.046 | 1 | |
| **10** | -0.468** | 0.241 | 0.067 | 0.495** | 0.064 | 0.029 | 0.024 | 0.059 | 0.606** | 1 |
| **1.5 mM salicylic acid ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک** | | | | | | | | | | |
| **1** | 1 | | | | | | | | | |
| **2** | -0.037 | 1 | | | | | | | | |
| **3** | -0.019 | -0.172 | 1 | | | | | | | |
| **4** | -0.043 | 0.194 | 0.349* | 1 | | | | | | |
| **5** | -0.197 | 0.154 | -0.026 | -0.028 | 1 | | | | | |
| **6** | -0.222 | 0.407* | -0.145 | -0.126 | -0.160 | 1 | | | | |
| **7** | -0.274 | -0.017 | -0.135 | -0.042 | -0.200 | 0.607** | 1 | | | |
| **8** | -0.276 | 0.333* | -0.110 | 0.113 | -0.328 | 0.738** | 0.742** | 1 | | |
| **9** | 0.566** | 0.379* | 0.030 | 0.343* | 0.083 | 0.022 | -0.234 | -0.151 | 1 | |
| **10** | 0.342* | 0.312 | -0.120 | 0.213 | 0.347* | 0.143 | -0.059 | -0.009 | 0.501** | 1 |
| **3 mM salicylic acid ۳ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک** | | | | | | | | | | |
| **1** | 1 | | | | | | | | | |
| **2** | -0.092 | 1 | | | | | | | | |
| **3** | 0.182 | -0.092 | 1 | | | | | | | |
| **4** | 0.117 | -0.104 | 0.363* | 1 | | | | | | |
| **5** | -0.081 | 0.085 | 0.103 | 0.301 | 1 | | | | | |
| **6** | -0.165 | -0.198 | -0.078 | 0.116 | 0.108 | 1 | | | | |
| **7** | -0.202 | -0.252 | 0.090 | 0.132 | 0.095 | 0.818** | 1 | | | |
| **8** | -0.120 | -0.164 | 0.205 | 0.251 | 0.166 | 0.782** | 0.733** | 1 | | |
| **9** | 0.289 | 0.186 | -0.099 | 0.396* | 0.235 | 0.044 | 0.011 | 0.167 | 1 | |
| **10** | 0.395* | 0.330* | -0.250 | 0.231 | 0.275 | 0.159 | 0.158 | 0.242 | 0.716** | 1 |

* و ** به ترتیب دارای اختلاف آماری معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد می‌باشند.

* and ** are significant at 5% and 1% probability levels, respectively

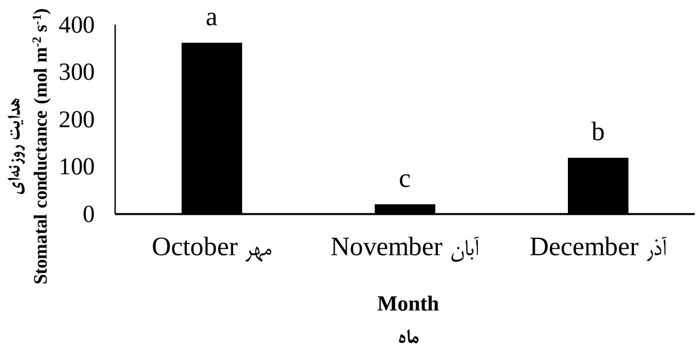
## شاخص سبزینگی

تجزیه واریانس شاخص سبزینگی حاکی از این بود که اثر تـاریخ کاشت و اثر متقابل تاریخ کاشـت در اسیدسالیسـیلیک در سـطح پـنج درصد و اثر اسید سالیسیلیک، اثرمتقابل اسیدسالیسیلیک در رقم و نیـز

اثر متقابل سه‌جانبه تاریخ کاشت در اسیدسالیسیلیک در رقم در سطح یک درصد، اختلاف آماری معنی‌دار داشتند (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسات میانگین شاخص سبزینگی از نظر اثرمتقابل عوامل مورد بررسی نیز تیمار تاریخ کاشت ۲۰ آذر در ۱/۵ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک در رقم Giza دارای بیشترین میزان (۶۳/۳۵) این صفت بود (جدول ۳). قرار گرفتن در معرض تنش گرما منجر به کاهش سطح برگ گیاه می‌شود (Srivastava, Srivastava, Singh, Suprasanna, & D'souza, 2013)، درنتیجه به دلیل افزایش غلظت پروتوپلاسم سلول و در نتیجه به‌واسطه افزایش غلظت سلول‌های مزوفیل و همچنین کاهش اندازه، حجم سلول‌ها و سطح برگ، شاخص سبزینگی افزایش می‌یابد (Moharekar *et al.*, 2003). البته پس از آن به دلیل تولید گونه‌های اکسیژن واکنش‌پذیر ناشی از تنش، آسیب به دستگاه فتوسنتزی، کاهش میزان کلروفیل و اثر منفی بر نقل و انتقال یون‌ها، شاخص سبزینگی روند کاهشی پیدا می‌کند (Adir, Zer, Shochat, & Ohad, 2003). اسیدسالیسیلیک با اثرگذاری بر تبادل و انتقال یون‌ها (Harper & Balke, 1981) و فتوسنتز سبب افزایش در مقدار کلروفیل و شاخص سبزینگی می‌شود (Agarawal, Sairam, Srivasta, & Meena, 2005). همچنین اسیدسالیسیلیک با حفاظت از دستگاه فتوسنتزی و افزایش میزان رنگدانه‌ها می‌تواند افزایش شاخص سبزینگی را در پی داشته باشد (EL-Tayeb, 2005).

### میزان هدایت روزنه‌ای

نتایج تجزیه واریانس حاکی از این بود که فقط اثر تاریخ کاشت بر میزان هدایت روزنه‌ای معنی‌دار بود (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین میزان هدایت روزنه‌ای، بیشترین میزان این صفت در تاریخ کاشت ۲۰ مهر (۳۶۱/۷۵ مول بر مترمربع بر ثانیه) مشاهده گردید (شکل ۲). در شرایط بروز تنش، هورمون اسیدآبسزیک در بافت‌های گیاه تولیدشده و به‌عنوان یک سیگنال به سلول‌های محافظ روزنه ارسال و سبب بسته شدن روزنه‌ها می‌شود که روابط آبی گیاه را بهبود بخشیده و اثرات منفی تنش گرما را کاهش دهد. با کاهش در هدایت روزنه‌ای و کاهش اتلاف رطوبت، از کمبود آب و کاهش شدید تورژسانس سلولی جلوگیری شده و کاهش رشد و توسعه سلول در نتیجهٔ تنش گرما تاحدی تعدیل می‌شود (Hall *et al.*, 1992). اگرچه با کاهش در هدایت روزنه‌ای، اتلاف آب کاهش می‌یابد و دارای تاثیر مثبت برگیاه است، ولی استمرار آن به دلیل کاهش در جذب و تحلیل دی‌اکسیدکربن و برهم خوردن تعادل دمایی در گیاه سبب کاهش تولید اسیمیلات‌های فتوسنتزی شده و در نهایت عملکرد گیاه کاهش می‌یابد.

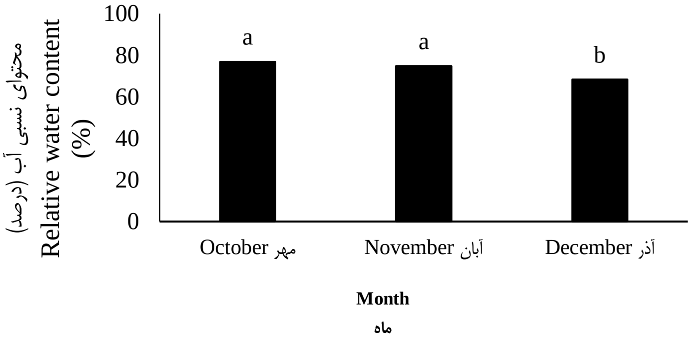



**شکل ۲- مقایسه میانگین اثر تاریخ‌های مختلف کاشت بر هدایت روزنه‌ای کینوا**
**میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.**
**Figure 2- The mean comparison for effect of different planting dates on stomatal conductance of quinoa**
**Means followed by similar letter are not significantly different at 5% probability level using LSD test.**

### محتوای نسبی آب برگ

با توجه به نتایج تجزیه واریانس محتوای نسبی آب برگ، فقط اثر تاریخ کاشت بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار بود (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ، بیشترین میزان این صفت در تاریخ کاشت ۲۰ مهر (۷۶/۸۴ درصد، فاقد اختلاف معنی‌دار با تاریخ کاشت ۲۰ آبان با میزان ۷۴/۸۱ درصد) مشاهده شد (شکل ۳). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده با تاخیر در تاریخ کاشت از محتوای نسبی آب برگ کاسته شد. به نظر می‌رسد که با کاشت دیرهنگام و برخورد مراحل زایشی رشد گیاه با گرمای پایان فصل رشد و نیز به دلیل پیر شدن بافت‌های گیاه، کنترل بر سلول‌های روزنه‌ای کاهش یافته و هدررفت آب افزایش داشته است. نتایج هدایت روزنه‌ای نیز این امر را تایید نمود. بیش‌تر بودن محتوای نسبی آب

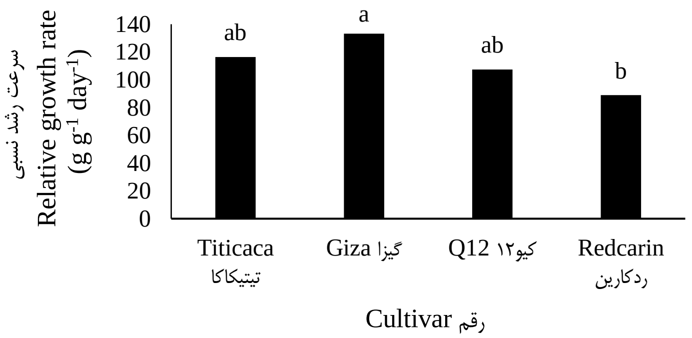
برگ در دو تاریخ کاشت ۲۰ مهر و آبان نشان‌دهنده‌ی حفظ رطوبت برگ جهت ادامه فعالیت‌های حیاتی گیاه بوده که منجر به کاهش کم‌تر آماس سلول و رشد برگ و افزایش تجمع ماده خشک در شرایط وقوع تنش گرما شده است (Moaveni, Ranji, & Noormohammadi, 2003).




**شکل ۳- مقایسه میانگین اثر تاریخ‌های مختلف کاشت بر محتوای نسبی آب برگ کینوا**
**میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.**
**Figure 3- The mean comparison for effect of different planting dates on relative water content of quinoa leaves**
**Means followed by similar letter are not significantly different at 5% probability level using LSD test.**

## سرعت رشد نسبی

باتوجه به نتایج تجزیه واریانس صفات (جدول ۲) از نظر سرعت رشد نسبی اثر رقم بر سرعت رشد نسبی معنی‌دار بود. بیشترین میزان سرعت رشد نسبی در رقم Giza با میزان ۱۳۳/۲۹ گرم در گرم در روز مشاهده شد (شکل ۴). سرعت رشد نسبی عبارت است از ماده خشک تجمع‌یافته در واحد زمان در واحد وزن خشک گیاه و در اصل تعیین‌کننده تجمع ماده خشک می‌باشد. چون سرعت رشد نسبی به‌طور کلی حاصل‌ضرب نسبت سطح سبز برگ به ماده خشک کل گیاه در سرعت جذب خالص می‌باشد، لذا افزایش در هر جزء در صورت عدم تغییر جزء دیگر سرعت رشد نسبی را افزایش می‌دهد (Van der Werf, 2007). با افزایش سن گیاه، نسبت سطح برگ و سرعت جذب خالص کاهش یافته و کاهش این شاخص‌ها در نهایت باعث کاهش سرعت رشد نسبی می‌شود (Ritchie, Nguyen, & Haloday, 1990). سرعت رشد نسبی در هر سه غلظت کاربرد اسیدسالیسیلیک همبستگی مثبتی با سرعت رشد محصول و سرعت اسیملاسیون خالص نشان داد (جدول ۴).




**شکل ٤- مقایسه میانگین اثر رقم بر سرعت رشد نسبی کینوا**
**میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.**
**Figure 4- The mean comparison for effect of cultivar on relative relative groeth rate of quinoa**
**Means followed by similar letter are not significantly different at 5% probability level using LSD test.**

## سرعت رشد محصول

بررسی نتایج تجزیه واریانس سرعت رشد محصول نشان داد که

اثر تاریخ کاشت، رقم، تاریخ کاشت در اسیدسالیسیلیک در رقم بر سرعت رشد محصول معنی‌دار بودند (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین صفات، بیشترین میزان این صفت در تاریخ کاشت ۲۰ مهر در عدم کاربرد اسید سالیسیلیک در رقم Giza (با میزان ۰/۸۲۰ گرم در مترمربع در روز) بدست آمد (جدول ۳). بر اساس نتایج به دست‌آمده در تاریخ کاشت ۲۰ مهر (جدول ۳)، سرعت رشد محصول بیشترین میزان را داشت که این موضوع احتمال دارد به دلیل ظرفیت بالای رشد رویشی و سطح فتوسنتزی بالا در آن تاریخ کاشت بوده باشد و با گذشت زمان و تاخیر در کاشت با کاهش همراه شد. کاهش سرعت رشد محصول احتمال دارد به علت کاهش سطح برگ (ریزش برگ و عدم توسعه برگ‌ها در نتیجه کاهش فتوسنتز)، افزایش سن گیاه و پیری برگ‌ها وکاهش تجمع وزن خشک بوده باشد (جدول ۳). محققان علت افزایش سرعت رشد محصول در آغاز رشد را افزایش سطح فتوسنتزکننده و علت کاهش آن با گذشت زمان را کاهش فتوسنتز خالص به دلیل ریزش برگ‌ها بیان کردند (Sharifi, Shariatmadari, & Yaghobfar, 2011). سرعت رشد محصول در تاریخ کاشت ۲۰ مهر به علت رشد و توسعه برگ‌ها (شاخص سطح برگ بیشتر، جدول ۳) و بنابراین افزایش دریافت نور، انجام فتوسنتز و افزایش وزن بوته در واحد سطح و واحد زمان آغاز به افزایش کرد. سپس تا پایان دوره رشد به علت افزایش سطح برگ که باعث سایه‌اندازی، افزایش تنفس و کاهش فتوسنتز برگ‌های پایین کانوپی گیاه می‌شود، کاهش یافت (Sharifi *et al.*, 2011).

**سرعت اسیمیلاسیون خالص**

از نظر تجزیه واریانس میانگین مربعات سرعت اسیمیلاسیون خالص، اثر تاریخ کاشت، اسیدسالیسیلیک، رقم، تاریخ کاشت در رقم و تاریخ کاشت در اسیدسالیسیلیک در رقم بر سرعت اسیمیلاسیون خالص معنی‌دار بود (جدول ۲). بررسی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار تاریخ کاشت آذرماه در عدم کاربرد اسیدسالیسیلیک در Redcarina بیشترین میزان (۰/۷۰۰ گرم در مترمربع در روز) را دارا بود (جدول ۳). سرعت اسیمیلاسیون خالص با تاخیر در تاریخ کاشت کاهش نشان داد که کاهش سرعت رشد محصول را نیز در پی داشت. به‌طورکلی با افزایش سطح فتوسنتزکننده، سرعت اسیمیلاسیون خالص افزایش یافته و از آن پس به دلیل ریزش برگ‌ها کاهش نشان می‌دهد (Sharifi *et al.*, 2011). از سوی دیگر شاخص سطح برگ بالا و افزایش سایه‌اندازی برگ‌ها بر روی هم موجب کاهش سرعت اسیمیلاسیون خالص و سرعت رشد محصول می‌شود (Gallagher & Biscoe, 1987). بر اساس نتایج بدست‌آمده، سرعت اسیمیلاسیون خالص با افزایش غلظت اسیدسالیسیلیک کاهش داشت (جدول ۳).

**عملکرد بیولوژیک**

از نظر تجزیه واریانس عملکرد بیولوژیک، اثر تاریخ کاشت و اسید سالیسیلیک در سطح پنج درصد و اثر رقم، اثر متقابل تاریخ کاشت در اسیدسالیسیلیک، تاریخ کاشت در رقم، اسیدسالیسیلیک در رقم، تاریخ کاشت در اسیدسالیسیلیک در رقم در سطح یک درصد دارای اختلاف آماری معنی‌دار بودند (جدول ۲). از نظر اثرمتقابل عوامل مورد بررسی، تیمار عدم کاربرد اسیدسالیسیلیک در رقم Redcarin در تاریخ کاشت ۲۰ آذر با میزان ۳۹۳۰ کیلوگرم در هکتار تیمار برتر ارزیابی شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد دیررسی رقم Redcarin سبب شده است که در تاریخ کاشت ۲۰ آذر به رشد رویشی ادامه داده و سطح سبز بیش‌تری را تولید نموده است. لذا تجمع ماده خشک در اندام‌های رویشی افزایش داشته و بیش‌تر بودن عملکرد بیولوژیک در آن طبیعی به نظر می‌رسد. یکی دیگر از دلایل مشاهده عملکرد بیولوژیک بیش‌تر در این رقم در تاریخ کاشت ۲۰ آذر احتمالاً توانایی دستیابی به عناصرغذایی و آب بیش‌تر توسط گیاه بوده است. گیرتز و همکاران (Geerts *et al.*, 2008) نیز بیان کردند که وقوع تنش قبل از گلدهی و دانه‌بندی کینوا، عملکرد را کاهش داد، درحالی‌که در دوره رشد رویشی اعمال تنش موجب افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب گردید. لذا به نظر می‌رسد در تاریخ کاشت ۲۰ آذر به دلیل برخورد تنش ملایم با دوره رشد رویشی گیاه، افزایش عملکرد بیولوژیک اتفاق افتاده است، در حالی‌که در دو تاریخ کاشت دیگر وقوع تنش گرما در مراحل نزدیک به گلدهی و دانه‌بندی رخ داده است و این مساله سبب دستیابی به عملکرد بیولوژیک کم‌تر در آن‌ها شده است. در رقم Redcarin در تاریخ کاشت ۲۰ آذر، کاربرد اسیدسالیسیلیک نتوانست موثر واقع گردد، درحالی‌که عبد الله و همکاران (Abd Allah *et al.*, 2015) نشان دادند که تیمار محلول‌پاشی با اسیدسالسیلیک باعث افزایش معنی‌دار عملکرد ماده خشک گیاه کینوا نسبت به تیمار شاهد شد و افزایش وزن خشک را به افزایش تعداد برگ که منجر به بهبود فرآیند فتوسنتز می‌شود نسبت دادند. همچنین حسین و همکاران (Hussain *et al.*, 2012) بیان کردند کاربرد اسیدسالیسیلیک در گندم، تولید ماده خشک را به دلیل بهبود ارتفاع بوته، سطح سبز برگ، وزن خشک ساقه و برگ افزایش می‌دهد. بر اساس نتایج همبستگی صفات (جدول ۴)، همبستگی مثبتی بین عملکرد بیولوژیک و دانه مشاهده شد، لذا با افزایش در بافت‌های فتوسنتزی و سبز گیاه، عملکرد دانه افزایش نشان داد.

**عملکرد دانه**

نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثر تاریخ کاشت، اسید سالیسیلیک و اثرمتقابل اسیدسالیسیلیک در رقم در سطح پنج درصد و اثر رقم، اثرمتقابل تاریخ کاشت در اسیدسالیسیلیک، اثر متقابل تاریخ کاشت در رقم و اثر متقابل سه‌جانبه کاشت در اسیدسالیسیلیک در رقم

در سطح یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که تیمار کاربرد ۳ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک در رقم Redcarin در تاریخ کاشت ۲۰ مهر دارای بیشترین میزان عملکرد دانه با میزان ۷۱۸ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). با تاخیر در کاشت عملکرد دانه کاهش نشان داد. احتمالاً وقوع گرمای ناگهانی در پایان فصل رشد (پیش از گلدهی و دانه‌بندی) در تاریخ کاشت ۲۰ مهر سبب تسریع در تکمیل مراحل رشدی گردیده و عبور از فاز رویشی به زایشی را افزایش داده است، لذا تجمع ماده خشک به سمت مخازن زایشی افزایش داشته و افزایش عملکرد دانه مشاهده شده است. کاهش عملکرد دانه در تاریخ کاشت‌های دیگر ممکن است به دلیل تسریع رشد رویشی به دلیل وقوع تنش در مرحله رویشی و یا تاثیر گرما بر کاهش دوره نمو خوشه و از سویی دیگر ایجاد عقیمی در اندام‌زایشی، کاهش تعداد سلول‌های آندوسپرم و کاهش ظرفیت مخزن برای تجمع مادهٔ خشک و درنتیجه کاهش عملکرد دانه باشد (Zaki & Radwan, 2011). زیرا دمای بالا با اختلال در گلدهی و گرده‌افشانی باعث کاهش در تشکیل دانه و عقیمی دانه‌ها می‌گردد (Modarresi, Mohammadi, Zali, & Mardi, 2010) و دانه‌های پوک یا دانه‌های بسیار ریز افزایش می‌یابند. افزایش سقط دانه به دلیل افزایش تولید اتیلن و کاهش سنتز نشاسته در نتیجه محدودیت تولید و انتقال فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط تنش گرما نیز سبب کاهش متوسط عملکرد دانه می‌شود (Barnabas, Jager, & Feher, 2008). قرینه و همکاران (Gharineh *et al.*, 2019) طی انجام آزمایش‌های خود به نتایج مشابهی دست یافتند. احتمالاً کاربرد غلظت ۳ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک در تاریخ کاشت ۲۰ مهر در رقم Redcarin به‌عنوان هورمون محرک رشد به دلیل تسریع فرآیند فتوسنتز از طریق افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی موجب افزایش عملکرد دانه شده است (Azimi, Sayfzadeh, & Zare, 2013). با توجه به نتایج همبستگی صفات (جدول ۴) نیز همبستگی عملکرد دانه با عوامل افزایش‌دهنده فتوسنتز ازجمله شاخص سطح برگ، هدایت روزنه‌ای و ارتفاع بوته مشاهده شد. در شرایط وقوع تنش، کاربرد اسیدسالیسیلیک توانسته از طریق حفظ رطوبت در گیاه (Ghassemi-Golezani, Zafarani-Moattar, Raey, & Mohammadi, 2010)، افزایش فعالیت‌های متابولیکی و تقسیم سلولی، افزایش ظرفیت مخزن در جذب مواد فتوسنتزی (Balochi, 2013) و افزایش گسیل آسیمیلات‌ها و مواد حاصل از فتوسنتز به دانه‌ها (Zhou, Mackeuzie, Madramootoo, & Smith, 1999) و درنتیجه افزایش تجمع ماده خشک دانه، تا حدودی اثرات منفی تنش را تقلیل بخشد. احتمالاً کاربرد اسیدسالیسیلیک موجب تولید خوشه کوتاه‌تر و انتقال بیش‌تر مواد فتوسنتزی به سمت دانه‌ها شده و با کاهش تولید دانه‌های چروکیده و پوک، با وزن خشک بسیار کم (بسیار ریز) افزایش عملکرد دانه را در پی داشته است (Kaydan & Yagmur, 2006).

### شاخص برداشت

بر اساس نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات صفت شاخص برداشت، اثر تاریخ کاشت، اسید سالیسیلیک، رقم، اثر متقابل تاریخ کاشت در رقم و اسیدسالیسیلیک در رقم در سطح یک درصد و اثر متقابل تاریخ کاشت در اسیدسالیسیلیک در رقم در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۲). از نظر اثر متقابل عوامل مورد بررسی، عدم کاربرد اسیدسالیسیلیک در رقم Redcarin در تاریخ کاشت ۲۰ مهر با میزان ۵۳/۹۹ درصد (فاقد اختلاف آماری معنی‌دار با تیمار کاربرد ۳ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک در رقم Redcarin در تاریخ کاشت ۲۰ مهر و ۲۰ آبان) بیشترین میزان را نشان داد (جدول ۳). شاخص برداشت برآیندی از عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه است، لذا تحت تاثیر این صفات قرار دارد. تجمع ماده خشک بیش‌تر در دانه‌ها سبب افزایش شاخص برداشت می‌گردد. بنابراین دستیابی به عملکرد دانه بیش‌تر در رقم Redcarin در تاریخ کاشت ۲۰ مهر سبب افزایش شاخص برداشت در این تیمار شده است. به نظر می‌رسد اسیدسالیسیلیک نیز از طریق تقلیل اثر منفی تنش بر تشکیل دانه و جلوگیری از عقیمی آن‌ها، تسریع در تولید و انتقال فرآورده‌های فتوسنتزی به دانه‌ها، حفاظت رنگیزه‌های فتوسنتزی از تخریب، حفظ محتوای نسبی آب بافت و افزایش ظرفیت مخزن در جذب مواد فتوسنتزی، در نتیجه افزایش تجمع ماده خشک دانه موجب افزایش شاخص برداشت گردیده است.

## نتیجه‌گیری

از آن‌جا که محصول اصلی گیاه کینوا، دانه است، کاربرد غلظت سه میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک در تاریخ کاشت ۲۰ مهر در رقم Redcarin به دلیل تولید بیشترین میزان عملکرد دانه، ترکیب مناسبی جهت تولید دانه کینوا در شرایط اهواز ارزیابی شد. عملکرد دانه بیشترین همبستگی را با عملکرد بیولوژیک و هدایت روزنه‌ای داشت. درنتیجه با افزایش در نقل و انتقال آب و دی‌اکسیدکربن و افزایش تولید مواد فتوسنتزی در اندام‌های فتوسنتزی گیاه، تجمع ماده خشک در دانه‌ها به‌عنوان مقاصد فتوسنتزی افزایش یافت. لذا به نظر می‌رسد می‌توان با استفاده از تیمار مصرف ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم Redcarin در تاریخ کاشت ۲۰ مهر از اثرات مخرب تنش گرمای انتهای فصل رشد بر شاخص‌های فیزیولوژیک گیاه کینوا کاست و به عملکرد بالای دانه گیاه کینوا دست یافت.

## References


1. Abd Allah, M. M. SH., El-Bassiouny, H. M. S., Elewa, T. A. E., & El-Sebai, T. N. (2015). Effect of salicylic acid and benzoic acid on growth, yield and some biochemical aspects of quinoa plant grown in sandy soil. *International Journal of Chemtech Research*, *8*(12), 216-225. ISSN: 0974-4290
2. Abdelaal, M. M. M., & Mohamed, Y. F. Y. (2017). Effect of pinching and paclobutrazol on growth, flowering, anatomy and chemical compositions of potted geranium (*Pelargonium zonal* L.) plant. *International Journal of Plant and Soil Science*, *17*(6), 1-22. https://doi.org/10.9734/IJPSS/2017/34527
3. Adir, N., Zer, H., Shochat, S., & Ohad, I. (2003). Photoinhibition–a historical perspective. *Photosynthesis Research*, *76*(1), 343-370.
4. Agarawal, S., Sairam, R. K., Srivasta, G. C., & Meena, R. C. (2005). Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscisic acid and salicylic acid in wheat genotypes. *Biologia Plantarum*, *49*, 541-550. https://doi.org/10.1007/s10535-005-0048-z
5. Asadi Nasab, N., Nabipour, M., Roshanfekr, H., & Rahnama Ghahfarokhi, A. (2019). Effect of foliar application of growth regulators on growth and induction of terminal heat tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, *17*(3), 467-476. https://sid.ir/paper/383609/en
6. Azimi, M. S., Sayfzadeh, J. S., & Zare, S. (2013). Evaluation of amino acid and salicylic acid application on yield and growth of wheat under water deficit. *International Journal of Agriculture and Crop Science*, *5*(8), 816-819. ISSN 2227-670X
7. Balochi, H. R. (2013). Effect of seed priming on germination and seedling growth in pumpkin seeds paper (*Cucurbita pepo*) under salt stress. *Journal of Crop Production and Processing*, *3*, 169-179. (in Persian with English abstract)
8. Barnabas, B., Jager, K., & Feher, A. (2008). The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant Cell Environment*, *31*, 11-38. https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2007.01727.x
9. Barr, H. D., & Weatherley, P. E. (1962). A re -examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. *Australian Journal of Biological Sciences*, *15*, 413-428. https://doi.org/10.1071/BI9620413
10. El-Tayeb, M. A. (2005). Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation*, *45*, 215-225.
11. FAO. (2011). *Quinoa; an acient crop to contribute to world food security*. Regional Office for Latin America andthe Caribbean, 63 p.
12. Fazelian, N., & Asrar, Z. (2011). Arsenic and salicylic acid interaction onthe growth and some other physiological parameters in Matricaria recutita. *Journal of Plant Biology*, *8*, 1-11. https://dorl.net/dor/20.1001.1.20088264.1390.3.8.2.0
13. Fischer, S., Wilckens, R., Jara, J., Aranda, M., Valdivia, W., Bustamante, L., Graf, F., & Obal, I. (2017). Protein and antioxidant composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) sprout from seeds submitted to water stress, salinity and light conditions. *Industrial Crops and Products*, *107*, 558-564. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.04.035
14. Gallagher, J. N., & Biscoe, P. V. (1987). A Physiological analysis of cereal yield. II. Dry matter. *Agricultural Progress*, *53*, 51-70.
15. Geerts, S., Raes, D., Garcia, M., Vacher, J., Mamani, R., Mendoza, J., Huanca, R., Morales, B., Miranda, R., Cusicanqui, J., & Taboada, C. (2008). Introducing deficit irrigation to stabilize yields of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *European Journal of Agronomy*, *28*(3), 427-436. https://doi.org/10.1016/j.eja.2007.11.008
16. Gharineh, M., Bakhshande, A., Andarzian, B., & Shirali, M. (2019). Effects of sowing dates and irrigation levels on morphological traits and yield of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) in Khuzestan. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *50*(3), 149-156. https://doi.org/10.22059/ijfcs.2018.209566.654135
17. Ghassemi-Golezani, K., Zafarani-Moattar, P., Raey, Y., & Mohammadi, M. (2010). Response of *Pinato bean* cultivars to water deficit at reproductive stages. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, *8*, 801-804. http://www.isfae.org/scientificjournal.php
18. Hall, A. E. (1992). Breeding for heat tolerance. *Plant Breeding Reviews*, *10*, 129-168.
19. Harper, J. P., & Balke, N. E. (1981). Characterization of the inhibition of $K^+$ absorption in wheat roots by salicylic acid. *Plant Physiology*, *68*, 1349-1353.
20. Hong-Bo Shao, L., Ye Chu, C., Abdul Jaleel, P., Manivannan, R., Panneer Selvam, M., & Shao, A. (2009). Understanding water deficit stress-induced changes in the basic metabolism of higher plants-biotechnologically and sustainably improving agriculture and the eco-environment in arid regions of the globe. *Critical Reviews in Biotechnology*, *29*, 131-151. https://doi.org/10.1080/07388550902869792
21. Hussain, S., Ali, A., Ibrahim, M., Saleem, M. F., & Bukhsh, A. (2012). Exogenous application of abscisic acid for drought tolerance in sunflower (*Helianthus annus* L.). *Journal of Animal and Plant Sciences*, *22*(3), 806-826.
22. Iqbal, M., Khan, R., & Khan, N. A. (2013). Salicylic acid and jasmonates: approaches in abiotic stress tolerance. *Plant Biochemistry and Physiology*, *1*(4), 1000e113. https://doi.org/10.4172/2329-9029.1000e113

23. Ismail, H., Maksimovic, J. D., Maksimovic, V., Shabala, L., Živanovic, B. D., Tian, Y., Jacobsen, S. E., & Shabala, S. (2016). Rutin, a flavonoid with antioxidant activity, improves plant salinity tolerance by regulating $K^+$ retention and $Na^+$ exclusion from leaf mesophyll in quinoa and broad beans. *Function of Plant Biology*, *43*, 75-86. https://doi.org/10.1071/fp15312
24. Jahanbakhsh, S., Khajoei-Nejad, Gh. R., Moradi, R., & Naghizadeh, M. (2021). Effect of planting date and salicylic acid on some quantitative and qualitative traits of quinoa as affected by drought stress. *Environmental stresses in crop sciences*, *13(4)*, 1149-1167. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22077/escs.2020.2313.1595
25. Kaydan, D., & Yagmur, M. (2006). Effects of different salicylic acid doses and treatments on wheat (*Triticum aestivum* L.) and lentil (*Lens culinaris* Medik.) yield and yield components. *Journal of Agronomy College of Ankara University*, *12*, 285-293.
26. Koocheki, A., & Sarmadnia, G. (1999). Physiology of crop plants (Translation). University of Tehran Publications. (in Persian with English abstract).
27. Kumar, R. R., Goswami, S., Sharma, S. K., Singh, K., Gadpayle, K. A., Kumar, N., Rai, G. K., Singh, M., & Rai, R.D. (2012). Protection against heat stress in wheat involves change in cell membrane stability, antioxidant enzymes, osmolyte, $H_2O_2$ and transcript of heat shock protein. *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, *4*(4), 83-91. https://doi.org/10.5897/IJPPB12.008
28. Mir Mohammadi Meybodi, A., & Qara Yazi, B. (2012). *Physiological and racial aspects of salinity stress in plants*. First edition, Isfahan University of Technology, 274 pages.
29. Moaveni, P., Ranji, Z., & Noormohammadi, Q. (2003). Investigating some physiological parameters of organic compounds to identify genotypes resistant and sensitive to salinity in sugar beet. *Journal of Agricultural Sciences of Iran*, *6*(9), 84-98.
30. Modarresi, M., Mohammadi, V., Zali, A., & Mardi, M. (2010). Response of wheat yield and yield related traits to high temperature. *Cereal Research Communications*, *38*, 23-31. https://doi.org/10.1556/CRC.38.2010.1.3
31. Moharekar, S. T., Lokhande, S. D., Hara, T., Tanaka, R., Tanaka, A., & Chavan, P. D. (2003). Effects of salicylic acid on chlorophyll and carotenoid contents on wheat and moong seedlings. *Photosynthetica*, *41*, 315-317. https://doi.org/10.1023/B:PHOT.0000011970.62172.15
32. Pask, A., Pieteagalla, J., Mullan, D., & Reynolds, M. (2012). *Physiological breeding II: a field guide to wheat phenotyping*. Iv, 132 pages.
33. Pulvento, C., Riccardi, M., Lavini, A., D'Andria, R., Iafelice, G., & Marconi, E. (2010). Field trial evaluation of two Chenopodium quinoa genotypes grown under rain-fed conditions in a typical Mediterranean environment in south Italy: Quinoa in the Mediterranean. *Journal of Agronomy and Crop Sciences*, *196*, 407-411. https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2010.00431.x
34. Ritchie, S. W., Nguyen, H. T., & Haloday, A. S. (1990). Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotype differing in drought resistance. *Crop Science*, *30*, 105-111. https://doi.org/10.2135/cropsci1990.0011183X003000010025x
35. Sakhabudinova, A. R., Fakhutdinova, D. R., Bezukova, M. V., & Shakirova, F. M. (2003). Salicylic acid prevents damaging action of stress factors on wheat plants. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, *23*, 314-319.
36. Salarpour Ghoraba, F., & Farahbakhsh, H. (2014). Effects of drought stress and salicylic acid on morphological and physiological traits of (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Agricultural crop management (Journal of Agriculture)*, *16*(3), 765-778. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/jci.2014.53276
37. Sezen, S. M., Yazar, A., Tekin, S., & Yildiz, M. (2016). Use of drainage water for irrigation of quinoa in a Mediterranean environment. *In Proceedings of 2nd World Irrigation Forum (WIF2)*, 6-8.
38. Shakirova, F. M., Sakhabutdinova, A. R., Bezrukova, M. V., Fatkhutdinova, R. A., & Fatkhutdinova, D. R. (2003). Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science*, *164*(3), 317-322. https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00415-6
39. Sharifi, S., Shariatmadari, F., & Yaghobfar, A. (2011). Effects of inclusion of hull-less barley and enzyme supplementation of broiler diets on growth performance, nutrient digestion and dietary metabolisable energy content. *Journal of Central European Agriculture*, *13*(1), 37-52. https://doi.org/10.5513/JCEA01/13.1.1035
40. Singh, B., & Usha, K. (2003). Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Regulation*, *39*, 137-141.
41. Srivastava, S., Srivastava, A. K., Singh, B., Suprasanna, P., & D'souza, S. F. (2013). The effect of arsenic on pigment composition and photosynthesis in Hydrilla verticillata. *Journal of Plant Biology*, 1-6. https://doi.org/10.1007/s10535-012-0288-7
42. Van der Werf, A. K. (2007). *Plant functional types in: Modelling Inter-Plant competition in Natural and Agro-Ecosystems*. Workshop Report. Department of Theoretical Production Ecology. Wageningen Agricultural University. 12 to 14 November 1997.
43. Watson, D. J. (1947). Comparative physiological studies on the growth of field crops: I. Variation in net

assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. *Annals of Botany*, *11*(41), 41-76.

44. Yang, A., Akhtar, S. S., Amjad, M., Iqbal, S., & Jacobsen, S. E. (2016). Growth and Physiological Responses of Quinoa to Drought and Temperature Stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *202*, 445-453. https://doi.org/10.1111/jac.12167
45. Yazdanpanah, S., Baghizadeh, A., & Abbassi, F. (2011). The interaction between drought stress and salicylic and ascorbic acids on some biochemical characteristics of *Satureja hortensis*. *African Journal of Agricultural Research*, *6*(4), 798-807. ISSN: 1991-637X
46. Zaki, R. N., & Radwan, T. E. (2011). Improving wheat grain yield and its quality under salinity conditions at a newly reclaimed soil by using different organic sources as soil or foliar applications. *Journal of Applied Sciences Research*, *7*, 42-58. ISSN: 1819-544X
47. Zhou, X., Mackeuzie, A., Madramootoo, C., & Smith, D. (1999). Effect of some injected plant growth regulators with or without sucrose on grain production, biomass and photosynthetic activity of field grown corn plants. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *183*, 103-10. https://doi.org/10.1046/j.1439-037x.1999.00331.x